

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

© EPODOC / EPO

PN - JP11316910 A 19991116  
 PD - 1999-11-16  
 PR - JP19980122329 19980501  
 OPD- 1998-05-01  
 TI - THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND ITS MANUFACTURE  
 IN - SUGAWARA NOBUHIRO; OMORI HIROYUKI; YAOI TOSHIHIKO  
 PA - SONY CORP  
 IC - G11B5/31

© WPI / DERWENT

TI - Magnetic circuit in thin film magnetic head of video player - consists of that insulating film formed between upper layer core and one coil  
 PR - JP19980122329 19980501  
 PN - JP11316910 A 19991116 DW200005 G11B5/31 011pp  
 PA - (SONY ) SONY CORP  
 IC - G11B5/31  
 AB - JP11316910 NOVELTY - Thin film for coil (5) is formed between sub- layer core (3) and upper layer core (8) and thin film for coil (10) formed on upper layer core (8). The coils are connected with edge portion to form spiral shaped coil. Flat insulating film (6) is formed on between upper core and coil (5).  
 - USE - In magnetic head of video player.  
 - ADVANTAGE - Eliminates degradation of soft magnetic property, as high specific resistance and amorphous material with high saturation level is used for the insulating film. Hence outstanding and reproducing is exhibited. Size reduction of thin film coil is obtained, as the thin film coil is made into spiral shape. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the sectional view of the magnetic head. (3) Sub-layer core; (5,10) Coils; (6) Flat insulating film; (8) Upper layer core.  
 - (Dwg.2/41)  
 OPD- 1998-05-01  
 AN - 2000-059292 [05]

© PAJ / JPO

PN - JP11316910 A 19991116  
 PD - 1999-11-16  
 AP - JP19980122329 19980501  
 IN - OMORI HIROYUKI; SUGAWARA NOBUHIRO; YAOI TOSHIHIKO  
 PA - SONY CORP  
 TI - THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND ITS MANUFACTURE  
 AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thin-film magnetic head which is adaptable to high density and high frequencies and has superior recording and reproducing characteristics.  
 - SOLUTION: This thin-film magnetic head 1 is equipped with a spiral thin-film coil formed by connecting an end part 10a of a thin film 10 for a 2nd coil to an end part 5a protruding to the side of the upper layer core 8 of a thin film 5 for a 1st coil and a flattened film 6 in which the surface opposite to the upper layer core is 8 flattened. This thin-film magnetic head is formed on the surface where the upper-layer core 8 is flattened with an insulating film and since an amorphous material or fine crystal materials of high resistivity and high std. magnetic flux density can be used for the material of the upper layer core 8 without causing deterioration in soft magnetic characteristics, superior recording and reproduction characteristics can be obtained for a magnetic head used for a high-density, high-frequency recording and reproducing system.  
 I - G11B5/31

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-316910

(43) 公開日 平成11年(1999)11月16日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 5/31

識別記号

F I

G 1 1 B 5/31

F

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平10-122329

(22) 出願日

平成10年(1998)5月1日

(71) 出願人

000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者

大森 広之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者

菅原 伸浩

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者

矢追 俊彦

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人

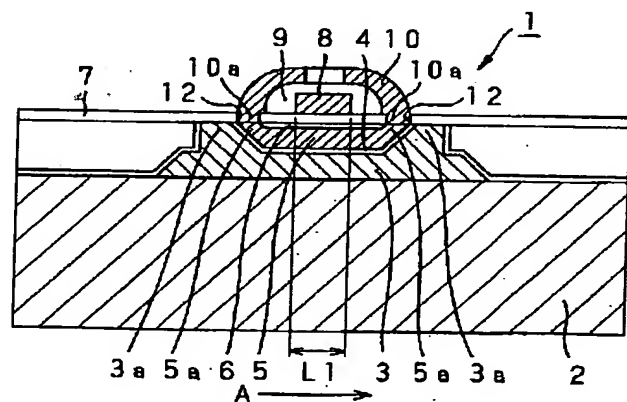
弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高密度かつ高周波に対応でき、優れた記録再生特性を有する薄膜磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 第1のコイル用薄膜5の上層コア8側に隆起した端部5aに第2のコイル用薄膜10の端部10aが接続されてなる螺旋形状の薄膜コイルと、上層コア8に対向する面が平坦化された平坦化膜6とを備えるように薄膜磁気ヘッド1を構成する。



薄膜磁気ヘッドの断面図

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気コアを構成する下層コア及び上層コアと、

端部が上記上層コア側に隆起するように上記下層コアと上層コアとの間に形成された第1のコイル用薄膜と、上記上層コア上に形成された第2のコイル用薄膜とからなり、上記第2のコイル用薄膜の端部が上記第1のコイル用薄膜の隆起した端部に接続されて螺旋形状とされた薄膜コイルと、

上記第1のコイル用薄膜と上記上層コアとの間に形成され、上記上層コアに対向する面が平坦化された絶縁膜とを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 上記下層コアには、上記薄膜コイルの巻線方向に沿った方向の両端部に突起部が形成されており、上記第1のコイル用薄膜はこの突起部が形成された下層コア上に形成されることによりその端部が上記上層コア側に隆起した形状とされていることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 上記上層コア及び下層コアは、非晶質材料又は微結晶材料よりなることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 上記上層コアは、磁性層と非磁性層とが積層されてなることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 磁気コアを構成する下層コア及び上層コアと、上記上層コアの周囲に巻装された螺旋形状の薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドを製造するにあたり、上記下層コア上に、上記薄膜コイルを構成する第1のコイル用薄膜を、その端部が上記上層コア側に隆起するように形成する工程と、

上記薄膜コイルが形成された下層コア上に、上記上層コアに対向する面が平坦化された絶縁膜を形成する工程と、

上記絶縁膜上に、上記上層コアを形成する工程と、上記上層コア上に、上記第1のコイル用薄膜と共に薄膜コイルを構成する第2のコイル用薄膜を、その端部が上記第1のコイル用薄膜の隆起した端部に接続されるように形成する工程とを行うことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項6】 上記下層コアを、上記薄膜コイルの巻線方向に沿った方向の両端部に突起部を有するように形成し、

上記第1のコイル用薄膜を、この突起部を有する下層コア上に形成することにより、その端部を上記上層コア側に隆起させることを特徴とする請求項5記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項7】 上記上層コア及び下層コアの材料として、非晶質材料又は微結晶材料を用いることを特徴とする請求項5記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項8】 上記上層コアを、磁性層と非磁性層とを

積層して形成することを特徴とする請求項5記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、閉磁路を構成する上層コア及び下層コアと励磁用のコイルとがそれぞれ薄膜形成された薄膜磁気ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】磁気記録の分野においては、記録密度の高密度化や記録周波数の高周波化が進むにつれ、記録に使用する磁気ヘッドとして高周波で高保磁力媒体に記録可能な磁気ヘッドが要求されている。このような要求に応えるべく、磁気ヘッドとして、磁気コアやコイルを薄膜形成する薄膜磁気ヘッドが開発され、使用されている。この薄膜磁気ヘッドは、真空薄膜形成技術により製造されるため、狭トラック化や狭ギャップ化等の微細寸法化を容易に図ることができるという特徴を有している。このため、この薄膜磁気ヘッドは、より波長の短い信号を記録または再生することが可能であり、映像信号の記録または再生の高画質化、記憶容量の大容量化を目的とする高密度記録化に対応した磁気ヘッドとして注目されている。

【0003】また、この薄膜磁気ヘッドのコア材料として、パーマロイ等の磁性材料よりも比抵抗及び飽和磁束密度の大きい非晶質材料や微結晶材料を用いる検討がなされている。

【0004】通常、薄膜磁気ヘッドの磁気コアの形成プロセスには、膜厚が厚くても狭トラック加工が容易なメッキを用いた工程が使用される。しかしながら、薄膜磁気ヘッドを、例えば、狭トラックのハードディスクに使用するためには、 $3\mu\text{m}$ から $6\mu\text{m}$ 程度の厚さの磁性膜をミリング等のドライプロセスを用いて高精度に加工しなければならない。ドライプロセスで高精度の加工を行うためには、磁性膜の厚さを薄くしなければならないが、コアの磁性膜を薄くすると磁気ヘッドとしての効率の低下や磁気ギャップから発生する磁場の低下によって十分な記録が行えなくなり実用上問題となる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、薄膜磁気ヘッドにおいて、磁気ヘッドの効率を向上させるためには、磁気コアの大きさをできるだけ小さくして、磁路長を短くすることが有効である。また、薄膜磁気ヘッドは、このように磁気コアの大きさを小さくすることにより、インダクタンスが低下し、高周波特性が向上する。

【0006】しかしながら、磁気コアを小さくすると、これに伴って薄膜コイルが形成される面積も小さくなり、コイル抵抗の増加を招くという問題がある。そこで、この薄膜磁気ヘッドにおいては、磁気コアの小型化と同時にコイルの多層化も行い、コイル抵抗の増加を避けるようにしている。しかしながら、コイルを多層化する

るとコイルが形成された部分に大きな傾斜が生じ、上層のコアはこの傾斜の大きな部分に作製しなければならない。傾斜が大きい部分では、メッキ法で作製された材料以外は十分な軟磁性を得ることが難しく、主にスパッタ法で作製される非晶質材料や微結晶材料等の比抵抗が大きくかつ飽和磁束密度も大きい材料を使用することができない。

【0007】本発明は、かかる従来の事情に鑑みて提案されたものであって、高密度かつ高周波に対応でき、優れた記録再生特性を有する薄膜磁気ヘッドを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上述した目的を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、薄膜磁気ヘッドにおいて、薄膜コイルの形状を上層コアの周囲に巻装された螺旋形状として薄膜コイルを小型化し、さらに、上層コアを平坦な面に成膜することによって、磁気コアの材料として、高比抵抗、高飽和磁束密度の非晶質材料又は微結晶材料を軟磁気特性の劣化なく使用することが可能となり、高密度かつ高周波に対応でき、優れた記録特性を有する薄膜磁気ヘッドが得られることを見出すに至った。

【0009】本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、以上のような知見に基づいて完成されたものであって、磁気コアを構成する下層コア及び上層コアと、端部が上層コア側に隆起するように下層コアと上層コアとの間に形成された第1のコイル用薄膜と、上層コア上に形成された第2のコイル用薄膜とからなり、第2のコイル用薄膜の端部が第1のコイル用薄膜の隆起した端部に接続されて螺旋形状とされた薄膜コイルと、第1のコイル用薄膜と上層コアとの間に形成され、上層コアに対向する面が平坦化された絶縁膜とを備えることを特徴としている。

【0010】この薄膜磁気ヘッドにおいては、薄膜コイルが螺旋形状とされているので、コイル抵抗の増加を招くことなく、薄膜コイルの小型化が実現される。また、この薄膜磁気ヘッドにおいては、上層コアに対向する面が平坦化された絶縁膜を備え、磁気コアを構成する上層コアが平坦な面に形成されるので、磁気コアの材料として、高比抵抗、高飽和磁束密度の非晶質材料又は微結晶材料を軟磁気特性の劣化なく使用することが可能となる。

【0011】更に、この薄膜磁気ヘッドにおいては、螺旋形状の薄膜コイルが、端部が上層コア側に隆起して形成された第1のコイル用薄膜と、この第1のコイル用薄膜の隆起した端部に接続された第2のコイル用薄膜のみからなるので、薄膜コイルの形成が容易である。

【0012】なお、この薄膜磁気ヘッドにおいて、下層コアに、薄膜コイルの巻線方向に沿った方向の両端部に突起部を形成し、第1のコイル用薄膜をこの突起部が形成された下層コア上に形成するようにすれば、第1のコ

イル用薄膜の端部を上層コア側に隆起した形状とすることが容易となる。

【0013】また、この薄膜磁気ヘッドにおいては、上層コアが、磁性層と非磁性層とが積層されてなることが望ましい。この薄膜磁気ヘッドは、このように上層コアが磁性層と非磁性層との積層体よりなることにより、磁区の安定化が図られる。

【0014】また、本発明に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、上述した知見に基づいて完成されたものであって、磁気コアを構成する下層コア及び上層コアと、上層コアの周囲に巻装された螺旋形状の薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドを製造するにあたり、下層コア上に、薄膜コイルを構成する第1のコイル用薄膜を、その端部が上層コア側に隆起するように形成する工程と、薄膜コイルが形成された下層コア上に、上層コアに対向する面が平坦化された絶縁膜を形成する工程と、絶縁膜上に上層コアを形成する工程と、上層コア上に第1のコイル用薄膜と共に薄膜コイルを構成する第2のコイル用薄膜を、その端部が第1のコイル用薄膜の隆起した端部に接続されるように形成する工程とを行うことを特徴としている。

【0015】この薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、薄膜コイルが螺旋形状に形成されるので、コイル抵抗の増加を招くことなく、薄膜コイルの小型化が図れる。また、この薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、絶縁膜により平坦化された面に上層コアが形成されることになるので、磁気コアの材料として、高比抵抗、高飽和磁束密度の非晶質材料又は微結晶材料を軟磁気特性の劣化なく使用することが可能となる。

【0016】更に、この薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、螺旋形状の薄膜コイルが、上層コア側に隆起して形成された第1のコイル用薄膜の端部に、第2のコイル用薄膜の端部を接続させることにより形成されるので、薄膜コイルの形成が容易である。

【0017】なお、この薄膜磁気ヘッドの製造方法において、下層コアを、薄膜コイルの巻線方向に沿った方向の両端部に突起部を有するように形成し、第1のコイル用薄膜を、この突起部を有する下層コア上に形成するようにすれば、第1のコイル用薄膜の端部を上層コア側に隆起した形状とすることが容易となる。

【0018】また、この薄膜磁気ヘッドの製造方法においては、上層コアを磁性層と非磁性層とを積層して形成することが望ましい。このように、上層コアを磁性層と非磁性層を積層して形成することにより、製造される薄膜磁気ヘッドの磁区の安定化を図ることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0020】本発明に係る薄膜磁気ヘッド1は、図1及び図2に示すように、基板上2に形成された下層コア3

と、下層コア3上に第1の絶縁膜4を介して形成された第1のコイル用薄膜5と、第1のコイル用薄膜5を覆うように形成され、第1のコイル用薄膜5が形成された下層コア3の上面を平坦化する平坦化膜6と、平坦化膜6上に形成されたギャップ膜7と、ギャップ膜7上に形成された上層コア8と、上層コア8上に第2の絶縁膜9を介して形成された第2のコイル用薄膜10とを備えている。なお、図1は、本発明に係る薄膜磁気ヘッド1を媒体摺動面1aと直交する方向に断面して示す縦断面図であり、図2は、本発明に係る薄膜磁気ヘッド1を媒体摺動面1aと平行な方向に断面して示す縦断面図である。

【0021】この薄膜磁気ヘッド1においては、下層コア3と上層コア8とが、その媒体摺動面1a側の一端部同士がギャップ膜7を介して突き合わされ、媒体摺動面1aから離間した他端部同士が接合されて、磁気コアを構成している。そして、下層コア3の媒体摺動面1a側の一端部と上層コア8の媒体摺動面1a側の一端部との間に介在するギャップ膜7が磁気ギャップGとして作用する。

【0022】また、この薄膜磁気ヘッド1においては、第1のコイル用薄膜5の上層コア3側に隆起する端部と第2のコイル用薄膜10の端部10aとが接続されて、螺旋形状の薄膜コイルを構成している。

【0023】基板2としては、例えば、 $Al_2O_3-TiC$ 系の非磁性基板や、 $CaO-TiO_2-NiO$ 系の非磁性基板等の摺動特性、摩耗特性に優れたものが用いられる。

【0024】また、下層コア3は、飽和磁束密度が高く軟磁気特性に優れた金属磁性材料がスパッタリング等により薄膜形成された後に、イオンミリング等により、図2中矢印Aで示す媒体摺動方向と平行な方向の両端に突起部3aを有するを凹状に成形されてなる。

【0025】この下層コア3に用いられる金属磁性材料としては、 $Co-Nb-Zr$ 等の非晶質合金や、鉄に窒素と必要ならば第3元素を添加した $Fe-Al-N$ 等の微結晶材料等が挙げられる。また、下層コア3は $Ni_{45}Fe_{55}$ 合金等の材料を用いてメッキ法により成膜するようにしてもよい。さらに、下層コア3には、軟磁気特性を改善するために、上記材料に各種の添加元素を添加したものをを用いるようにしてもよい。

【0026】第1の絶縁膜4は、下層コア3と第1のコイル用薄膜5との電氣的絶縁を図るためのものであり、その材料としては、例えば、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $TiO_2$ 、 $Si_3N_4$ 等の化学的に安定で絶縁特性がよいものが使用される。

【0027】第1のコイル用薄膜5は、 $Cu$ 等の導電材料よりなる複数条の導体パターンが、所定間隔を存して媒体摺動方向Aと略平行な方向に薄膜形成されてなる。これら複数条の導体パターンは、第1の絶縁膜4を介して下層コア3上に形成されており、その両端部5aが下

層コア5の突起部3aにならって上層コア8側に隆起した状態とされている。

【0028】平坦化膜6は、レジスト等の高分子材料が、第1のコイル用薄膜5を覆うように、第1のコイル用薄膜5が形成された下層コア3上に充填されてなる。この平坦化膜6は、第1のコイル用薄膜5の保護を図ると共に、第1のコイル用薄膜5が形成されたことにより生じる下層コア3上の凹凸を吸収するためのものであり、上面がフラットな面とされている。

【0029】この薄膜磁気ヘッド1は、この平坦化膜6のフラットな上面に、ギャップ膜7を介して上層コア8が形成されるようにしているので、上層コア8をスパッタリング等により形成することが可能で、上層コア8の材料として、高比抵抗、高飽和磁束密度の非晶質材料又は微結晶材料を軟磁気特性の劣化なく使用することが可能となる。

【0030】ギャップ膜7は、例えば $Al_2O_3$ 等の非磁性非導電性膜がスパッタリング等により薄膜形成されてなり、媒体摺動面1a側の端部が下層コア3と上層コア8との間に介在して、磁気ギャップGとして作用する。

【0031】上層コア8は、下層コア3に用いた飽和磁束密度が高く軟磁気特性に優れた金属磁性材料が、スパッタリング等により薄膜形成されてなる。そして、この上層コア8は、媒体摺動面1aから離間した側の端部が、ギャップ膜7及び第1の絶縁膜4を分断するように形成された第1の接続孔11を介して下層コア3と接続され、下層コア3と共に磁気コアを構成している。

【0032】なお、この上層コア8は、媒体摺動方向Aと平行な方向の長さ $L_1$ は $3\mu m$ 以上 $10\mu m$ 以下であることが望ましい。薄膜磁気ヘッド1は、上層コア8の媒体摺動方向Aと平行な方向の長さ $L_1$ を $3\mu m$ 以上とすることにより、記録ヘッドとして必要な磁気コアの効率を得ることができ、また、上層コア8の媒体摺動方向Aと平行な方向の長さ $L_1$ を $10\mu m$ 以下とすることにより、薄膜コイルの抵抗値の増加を抑制して十分な記録電流の供給を行うことができる。更に、薄膜コイル1は、上層コア8の媒体摺動方向Aと平行な方向の長さ $L_1$ を $3\mu m$ 以上 $10\mu m$ 以下とすることにより、インダクタンスの低下を図ることができる。

【0033】また、上層コア8は、媒体摺動方向Aと直交する方向の長さ $L_2$ が $50\mu m$ 以下であることが望ましい。薄膜磁気ヘッド1は、上層コア8の媒体摺動方向Aと直交する方向の長さ $L_2$ を $50\mu m$ 以下とすることにより、記録ヘッドとして必要な磁気コアの効率を得ることができる。

【0034】また、上層コア8の厚さDは、 $0.7\mu m$ 以上 $3\mu m$ 以下であることが望ましい。薄膜磁気ヘッド1は、上層コア8の厚さDを $0.7\mu m$ 以上とすることにより、記録ヘッドとして必要な磁気コアの効率を得ることができ、また、上層コア8の厚さDを $3\mu m$ 以下と



することにより、トラック幅の精度を良好にすることができると共に、渦電流損失を抑制して、高周波での特性の劣化を抑えることができる。

【0035】また、上層コア8は、例えば1nm以上20nm以下程度の厚さの非磁性層により厚み方向に複数層に分断されていることが望ましい。この薄膜磁気ヘッド1は、上層コア8の媒体摺動方向Aと平行な方向の長さL1が通常の磁気ヘッドよりも狭く設定されているので、磁区構造に安定化するためには比較的強い磁気異方性が必要であるが、上層コア8を例えば1nm以上20nm以下程度の厚さの非磁性層で厚み方向に分断することにより、分断された各磁性層間に磁気的な相互作用が生じ、磁区構造の安定化を図ることができる。なお、ここで用いる非磁性層の材料としては、Cu、Ti、Cr、Pt等の金属膜でもよいしAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等のセラミックでもよい。

【0036】第2の絶縁膜9は、上層コア8と第2のコイル用薄膜10との電氣的絶縁を図るためのものであり、その材料としては、第1の絶縁膜4と同様に、例えば、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等の化学的に安定で絶縁特性がよいものが使用される。

【0037】第2のコイル用薄膜10は、第1のコイル用薄膜5と同様に、Cu等の導電材料よりなる複数条の導体パターンが、所定間隔を存して媒体摺動方向Aと略平行な方向に薄膜形成されてなる。そして、第2のコイル用薄膜10の複数条の導体パターンは、その両端部10aが、ギャップ膜7及び平坦化膜6を分断するように形成された第2の接続孔12を介して第1の絶縁膜4を介して、第1のコイル用薄膜5の隆起した両端部5aに接続されて、第1のコイル用薄膜5と共に螺旋形状の薄膜コイルを構成している。

【0038】なお、薄膜コイルは、その幅W1が2μm以下であり、その厚さT1が0.5μm以上2μm以下とされていることが望ましい。薄膜磁気ヘッド1は、このように、薄膜コイルの幅W1を2μm以下とし、薄膜コイルの厚さT1を0.5μm以上2μm以下とすることにより、コイル抵抗値の増加を抑制することができる。

【0039】以上のように構成される薄膜磁気ヘッド1は、上層コア8が、平坦化膜6により平坦化された面上に形成されており、上層コア8の材料として、高比抵抗、高飽和磁束密度の非晶質材料又は微結晶材料が用いられるので、高密度かつ高周波の記録再生システムに用いられる磁気ヘッドとして、優れた記録再生特性を発揮することができる。

【0040】また、この薄膜磁気ヘッド1は、薄膜コイルが螺旋形状とされているので、コイル抵抗の増加を招くことなく、薄膜コイルの小型化が実現される。

【0041】また、この薄膜磁気ヘッド1においては、螺旋形状の薄膜コイルが、両端部5aが上層コア8側に

隆起して形成された第1のコイル用薄膜5と、この第1のコイル用薄膜5の隆起した端部5aに接続された第2のコイル用薄膜10のみからなるので、薄膜コイルの形成が容易である。

【0042】次に、本発明に係る薄膜磁気ヘッド1の製造方法について説明する。

【0043】本発明に係る薄膜磁気ヘッド1を製造する際は、まず、図3乃至図5に示すように、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC系の非磁性材料やCaO-TiO<sub>2</sub>-NiO系の非磁性材料よりなる基板2上に、Co-Nb-Zr等の非晶質合金や、鉄に窒素と必要ならば第3元素を添加したFe-Al-N等の微結晶材料等よりなる金属磁性膜13が、スパッタリング等により成膜される。

【0044】なお、本発明に係る薄膜磁気ヘッド1の製造方法において行うスパッタリングは、所望の組成比となるように調整された合金ターゲットを用いて行っても良いし、各原子のターゲットを個別に用意し、その面積や印加出力等を調整して組成をコントロールするようにして行っても良い。特に前者の方法を採用した場合、膜組成はターゲット組成によってほぼ一意に決まるので、例えば大量生産するうえで好適である。

【0045】次に、図6乃至図8に示すように、基板2上の金属磁性膜13に対してイオンミリング加工等が施され、この金属磁性膜13が媒体摺動方向と平行な方向の両端に突起部3aを有するを凹状に成形されて、下層コア3が形成される。

【0046】次に、図9乃至図11に示すように、下層コア3が形成された基板2上に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等の絶縁材料が成膜され、第1の絶縁膜4が形成される。

【0047】次に、図12乃至図14に示すように、下層コア3上に第1の絶縁膜4を介してCu等の導電材料が成膜され、第1のコイル用薄膜5が形成される。このとき、第1のコイル用薄膜5の端部5aは、下層コア3の突起部3a上に形成されることにより、上方に隆起した状態とされる。

【0048】次に、図15乃至図17に示すように、基板全面に亘って、レジスト等の高分子材料14が塗布される。

【0049】次に、図18乃至図20に示すように、下層コア3の媒体摺動面側の端部及び突起部3aが外部に露出し、また、第1のコイル用薄膜5の端部5aが外部に露出するまで、高分子材料14が研磨される。これにより、表面がフラットな面とされた平坦化膜6が形成される。

【0050】次に、図21乃至図23に示すように、フラットな面とされた平坦化膜6の表面に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の非磁性非導電性膜がスパッタリング等により成膜されて、ギャップ膜7が形成される。

【0051】次に、図24乃至図26に示すように、上

層コア8の媒体摺動面1aから離間した側の端部を下層コア3に接続するための第1の接続孔11が、ギャップ膜7及び第1の絶縁膜4を分断するように形成される。また、第2のコイル用薄膜10の両端部10aを第1のコイル用薄膜5の両端部5aに接続するための第2の接続孔12が、ギャップ膜7及び平坦化膜6を分断するように形成される。

【0052】次に、図27乃至図29に示すように、第1の接続孔11及び第2の接続孔12が形成されたギャップ膜15上に、Co-Nb-Zr等の非晶質合金や、鉄に窒素と必要ならば第3元素を添加したFe-Al-N等の微結晶材料等よりなる金属磁性膜15が、スパッタリング等により成膜される。このとき、第1の接続孔11及び第2の接続孔12内にも金属磁性膜15が充填されることになる。

【0053】次に、図30乃至図32に示すように、金属磁性膜15に対してイオンエッチング加工等が施され、媒体摺動面1aから離間した側の端部が下層コア3と接続された、所定形状の上層コア8が形成される。このとき、第2の接続孔12内の金属磁性膜15は除去される。

【0054】次に、図33乃至図35に示すように、所定形状に形成された上層コア8上に、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $TiO_2$ 、 $Si_3N_4$ 等の絶縁材料が成膜され、第2の絶縁膜9が形成される。

【0055】次に、図36乃至図38に示すように、上層コア8上に第2の絶縁膜9を介してCu等の導電材料が成膜され、第2のコイル用薄膜10が形成される。このとき、第2のコイル用薄膜10の端部10aは、第2の接続孔12を介して第1のコイル用薄膜5の隆起した端部5aに接続される。これにより、螺旋形状の薄膜コイルが形成され、薄膜磁気ヘッド1が完成する。

【0056】以上説明した薄膜磁気ヘッド1の製造方法によれば、平坦化膜6により平坦化された面上に、ギャップ膜7を介して上層コア8が形成されることになるので、上層コア8の材料として、高比抵抗、高飽和磁束密度の非晶質材料又は微結晶材料を軟磁気特性の劣化なく使用することが可能となり、高密度記録に対応し、高周波において優れた記録再生特性を発揮する薄膜磁気ヘッド1を製造することができる。

【0057】また、この薄膜磁気ヘッド1の製造方法によれば、第1のコイル用薄膜5の上層コア8側に隆起して形成された両端部5aに第2のコイル用薄膜10の両端部10aを接続させるだけで螺旋形状の薄膜コイルが形成されるので、小型化を実現した螺旋形状の薄膜コイルの形成が容易となる。

【0058】

【実施例】本発明の効果を確認すべく、実際に本発明に係る薄膜磁気ヘッドを製造し、その記録特性について評価を行った。

【0059】〈薄膜磁気ヘッドの製造〉まず、本発明に係る薄膜磁気ヘッド（実施例）を以下のように製造した。

【0060】下層コアとなる金属磁性膜の材料として、飽和磁束密度1.2テスラのCoNbZr非晶質合金を用い、膜厚約4 $\mu m$ の金属磁性膜を成膜した。そして、この金属磁性膜に対してイオンミリング加工を行い、金属磁性膜を2.5 $\mu m$ 程度削り込み、下層コアを形成した。

【0061】下層コアと第1のコイル用薄膜間には、 $Al_2O_3$ を用いて厚さ約0.5 $\mu m$ の第1の絶縁層を形成した。また、薄膜コイルは、厚さが約1 $\mu m$ 、幅が約1.5 $\mu m$ 、コイル間隔が約0.7 $\mu m$ となるように形成し、巻き数は10とした。また、下層コアと上層コアとの間には、 $Al_2O_3$ を用いて厚さ約0.3 $\mu m$ のギャップ膜を形成した。

【0062】上層コアとなる金属磁性膜の材料として、飽和磁束密度1.7テスラのFeAlN/NiFeZrN積層膜を用い、膜厚約1.5 $\mu m$ の金属磁性膜を成膜した。金属磁性膜の積層周期は、FeAlNが15nm、NiFeZrNが5nmとした。成膜はrfマグネトロンスパッタで、Fe97Al3とNi85Fe15Zr10のターゲットを用いて10%窒素添加のArガス中で行った。そして、この金属磁性膜に対してイオンエッチング加工を施し、幅が約5 $\mu m$ 、長さが約32 $\mu m$ 、磁気ヘッドのトラック幅が1.5 $\mu m$ となる上層コアを形成した。

【0063】上層コアと第2のコイル用薄膜との絶縁はレジスト硬化によって行った。第2のコイル用薄膜は、コイル幅、間隔は第1のコイル用薄膜と同じだが、厚さは2 $\mu m$ とした。

【0064】比較用に図41に示すような渦巻き状のコイルを用いた薄膜磁気ヘッド（比較例）を製造した。比較用のヘッドはメッキパーマロイ材料で磁気コアが形成され、トラック幅2 $\mu m$ 、ギャップ長0.3 $\mu m$ 、コイル巻き数10のものである。

【0065】〈特性評価〉まず、以上のように製造された実施例の薄膜磁気ヘッドのオーバーライト特性と比較例の薄膜磁気ヘッドのオーバーライト特性とをそれぞれ評価した。測定には、保磁力2500エルステッドのハードディスクを記録媒体として用い、記録線速度10m/s、4MHzの信号を20MHzでオーバーライト記録して測定を行った。結果を図39に示す。この図39から、本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、優れた記録特性を示していることが分かる。

【0066】次に、以上のように製造された実施例の薄膜磁気ヘッドの高周波記録特性と比較例の薄膜磁気ヘッドの高周波記録特性とをそれぞれ評価した。高周波記録特性の評価は、非線形トランジションシフトの値を基に行った。非線形トランジションシフトは5次高調波法に

よって測定した。測定は相対速度40m/s、記録媒体と薄膜磁気ヘッド間のスペーシングを50nmで設定した。結果を図40に示す。この図40から、本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、高周波での非線形トランジションシフト量が小さく、高周波でも十分な記録磁界が発生していることが、確認できた。

#### 【0067】

【発明の効果】本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、上層コアが絶縁膜により平坦化された面上に形成されており、上層コアの材料として、高比抵抗、高飽和磁束密度の非晶質材料又は微結晶材料を軟磁気特性の劣化を招くことなく用いることができるので、高密度かつ高周波の記録再生システムに用いられる磁気ヘッドとして、優れた記録再生特性を発揮することができる。

【0068】また、この薄膜磁気ヘッドは、薄膜コイルが螺旋形状とされているので、コイル抵抗の増加を招くことなく、薄膜コイルの小型化が実現される。

【0069】また、この薄膜磁気ヘッドにおいては、螺旋形状の薄膜コイルが、両端部が上層コア側に隆起して形成された第1のコイル用薄膜と、この第1のコイル用薄膜の隆起した端部に接続された第2のコイル用薄膜のみからなるので、薄膜コイルの形成が容易である。

【0070】また、本発明に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、絶縁膜により平坦化された面上に上層コアが形成されることになるので、上層コアの材料として、高比抵抗、高飽和磁束密度の非晶質材料又は微結晶材料を軟磁気特性の劣化なく使用することが可能となり、高密度記録に対応し、高周波において優れた記録再生特性を発揮する薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0071】また、この薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1のコイル用薄膜の上層コア側に隆起して形成された両端部に第2のコイル用薄膜の両端部を接続させるだけで螺旋形状の薄膜コイルが形成されるので、小型化を実現した螺旋形状の薄膜コイルの形成が容易となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る薄膜磁気ヘッドを媒体摺動面と直交する方向に断面して示す断面図である。

【図2】上記薄膜磁気ヘッドを媒体摺動面と平行な方向に断面して示す断面図である。

【図3】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、基板上に金属磁性膜が成膜された状態を示す斜視図である。

【図4】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図3におけるA1-A2線断面図である。

【図5】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図3におけるB1-B2線断面図である。

【図6】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、下層コアが形成された状態を示す斜視図であ

る。

【図7】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図6におけるA3-A4線断面図である。

【図8】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図6におけるB3-B4線断面図である。

【図9】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、第1の絶縁膜が形成された状態を示す斜視図である。

【図10】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図9におけるA5-A6線断面図である。

【図11】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図9におけるB5-B6線断面図である。

【図12】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、第1のコイル用薄膜が形成された状態を示す斜視図である。

【図13】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図12におけるA7-A8線断面図である。

【図14】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図12におけるB7-B8線断面図である。

【図15】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、高分子材料が塗布された状態を示す斜視図である。

【図16】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図15におけるA9-A10線断面図である。

【図17】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図15におけるB9-B10線断面図である。

【図18】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、平坦化膜が形成された状態を示す斜視図である。

【図19】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図18におけるA11-A12線断面図である。

【図20】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図18におけるB11-B12線断面図である。

【図21】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、ギャップ膜が形成された状態を示す斜視図である。

【図22】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図21におけるA13-A14線断面図である。

【図23】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図21におけるB13-B14線断面図である。

【図24】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、第1及び第2の接続孔が形成された状態を

示す斜視図である。

【図25】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図24におけるA15-A16線断面図である。

【図26】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図24におけるB15-B16線断面図である。

【図27】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、金属磁性膜が成膜された状態を示す斜視図である。

【図28】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図27におけるA17-A18線断面図である。

【図29】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図27におけるB17-B18線断面図である。

【図30】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、上層コアが形成された状態を示す斜視図である。

【図31】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図30におけるA19-A20線断面図である。

【図32】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図30におけるB19-B20線断面図である。

【図33】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、第2の絶縁膜が成膜された状態を示す斜視

図である。

【図34】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図33におけるA21-A22線断面図である。

【図35】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図33におけるB21-B22線断面図である。

【図36】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、薄膜コイルが形成された状態を示す斜視図である。

【図37】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図36におけるA23-A24線断面図である。

【図38】上記薄膜磁気ヘッドを製造する工程を説明する図であり、図36におけるB23-B24線断面図である。

【図39】上記薄膜磁気ヘッドのオーバーライト特性を説明する図である。

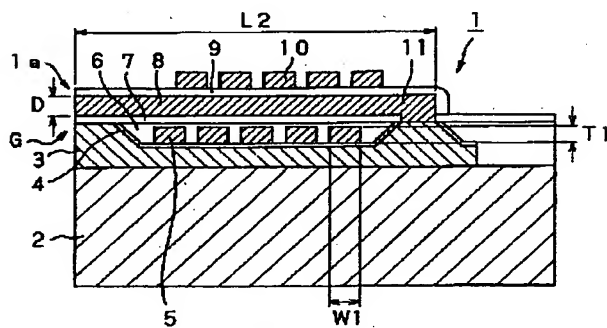
【図40】上記薄膜磁気ヘッドの高周波特性を説明する図である。

【図41】渦巻き状のコイルを用いた薄膜磁気ヘッドの要部を断面して示す斜視図である。

【符号の説明】

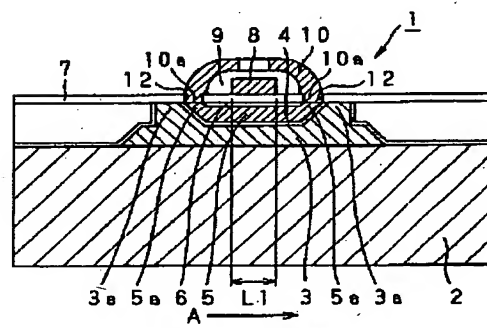
1 薄膜磁気ヘッド、2 基板、3 下層コア、3a 突起部、5 第1のコイル用薄膜、5a 端部、6 平坦化膜、8 上層コア、10 第2のコイル用薄膜

【図1】



薄膜磁気ヘッドの断面図

【図2】



薄膜磁気ヘッドの断面図

【図4】



図3におけるA1-A2線断面図

【図5】

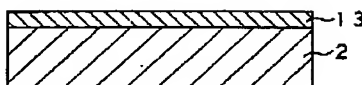


図3におけるB1-B2線断面図

【図7】

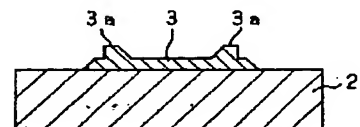
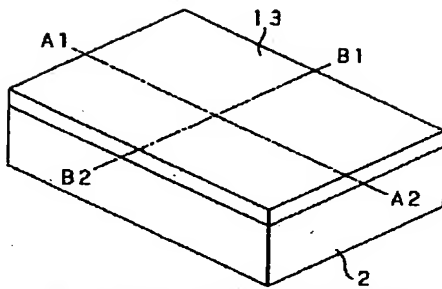


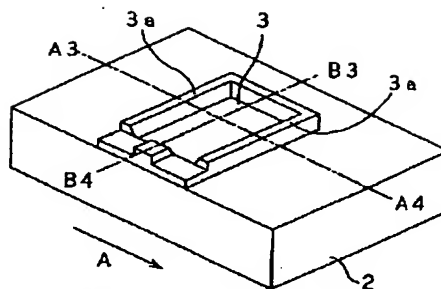
図6におけるA3-A4線断面図

【図3】



基板上に金属導性膜が形成された状態を示す斜視図

【図6】



下層コアが形成された状態を示す斜視図

【図8】

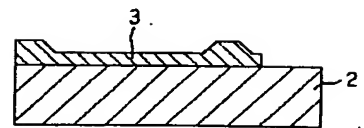


図6におけるB3-B4線断面図

【図11】

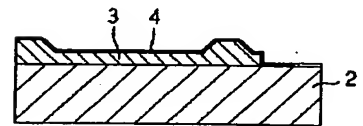
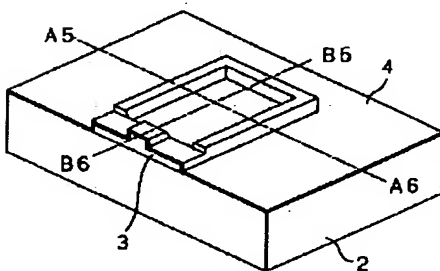


図9におけるB5-B6線断面図

【図9】



第1の絶縁膜が形成された状態を示す斜視図

【図10】

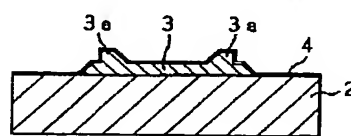


図9におけるA5-A6線断面図

【図13】

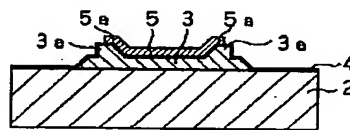


図12におけるA7-A8線断面図

【図14】

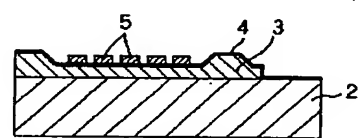
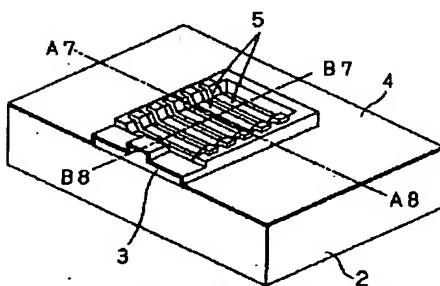


図12におけるB7-B8線断面図

【図12】



第1のコイル用導膜が形成された状態を示す斜視図

【図16】

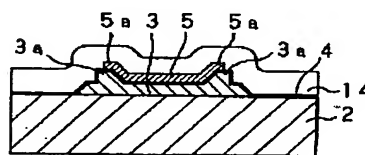


図15におけるA9-A10線断面図

【図17】

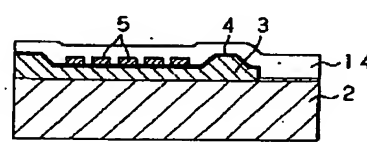
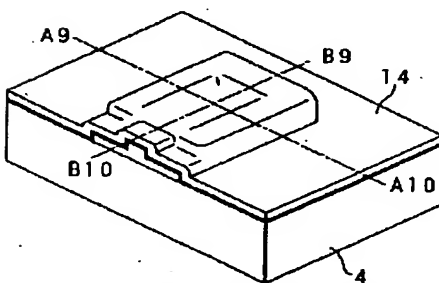


図15におけるB9-B10線断面図

【図15】



高分子材料が塗布された状態を示す斜視図

【図19】

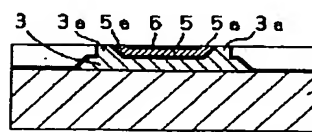


図18におけるA11-A12線断面図

【図20】

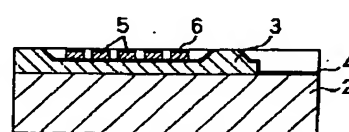
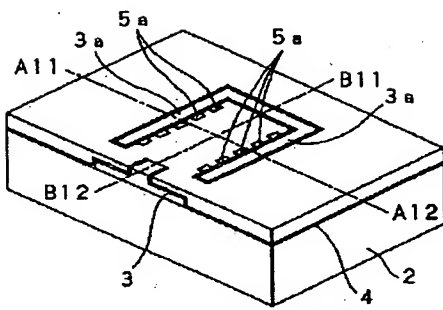


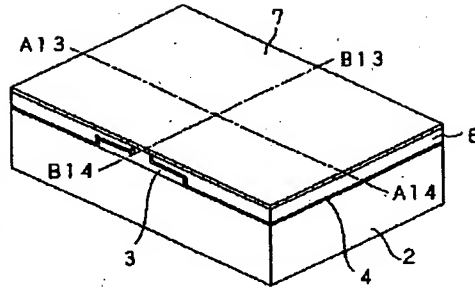
図18におけるB11-B12線断面図

【図18】



平坦化膜が形成された状態を示す斜視図

【図21】



ギャップ膜が形成された状態を示す斜視図

【図22】

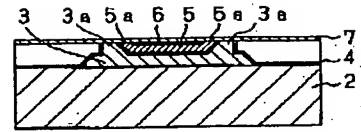


図21におけるA13-A14線断面図

【図23】

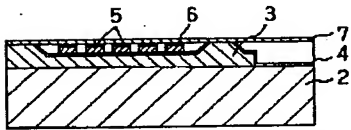
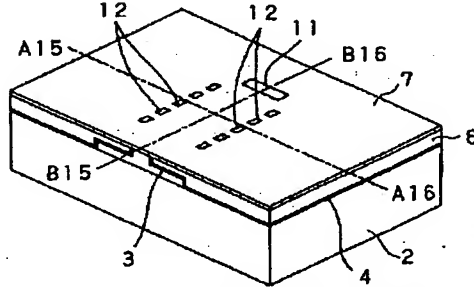


図21におけるB13-B14線断面図

【図24】



第1及び第2の接続孔が形成された状態を示す斜視図

【図25】

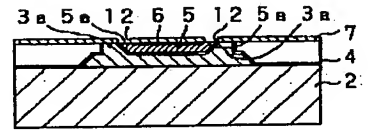


図24におけるA15-A16線断面図

【図26】

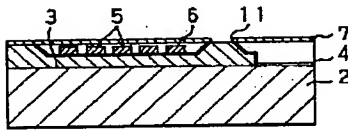


図24におけるB15-B16線断面図

【図28】

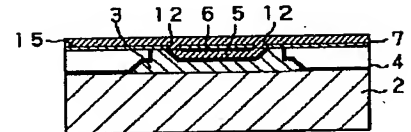


図27におけるA17-A18線断面図

【図29】

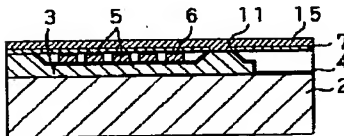
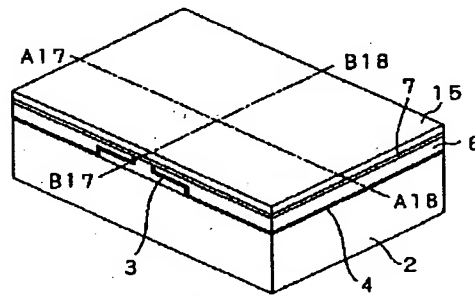


図27におけるB17-B18線断面図

【図27】



金属抵抗性膜が形成された状態を示す斜視図

【図37】

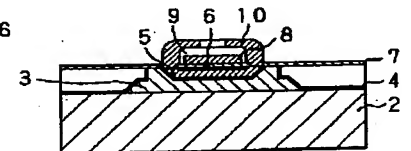


図36におけるA23-A24線断面図

【図31】

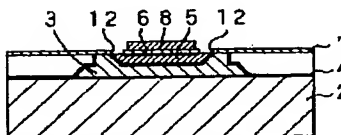


図30におけるA19-A20線断面図

【図32】

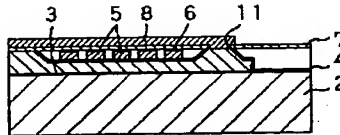


図30におけるB19-B20線断面図

【図34】

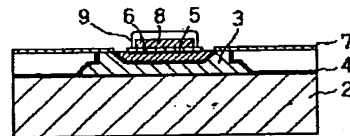
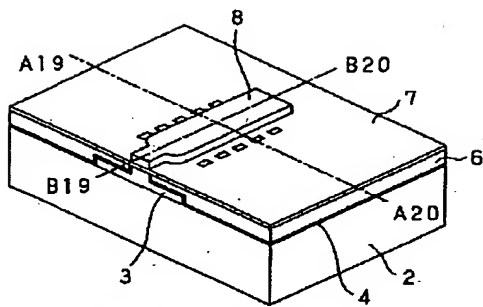


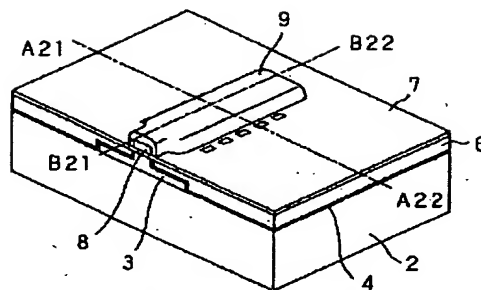
図33におけるA21-A22線断面図

【図30】



上層コアが形成された状態を示す斜視図

【図33】



第2の絶縁膜が形成された状態を示す斜視図

【図35】

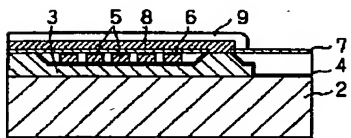
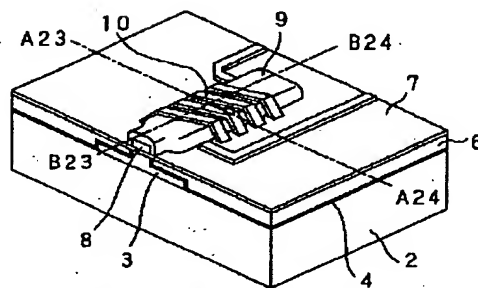


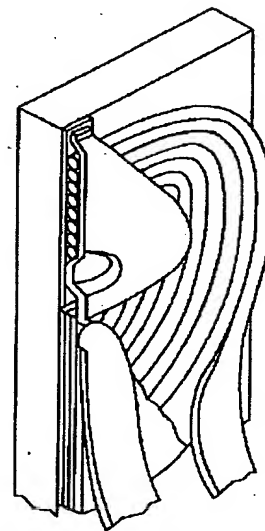
図33におけるB21-B22線断面図

【図36】



巻膜コイルが形成された状態を示す斜視図

【図41】



渦巻き状のコイルを用いた薄膜磁気ヘッド

【図38】

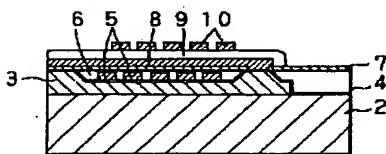
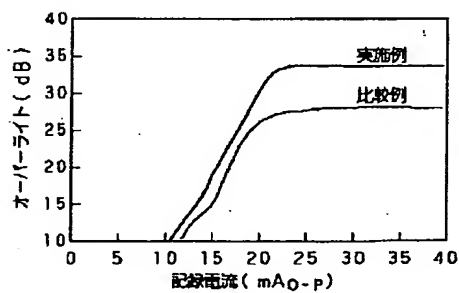
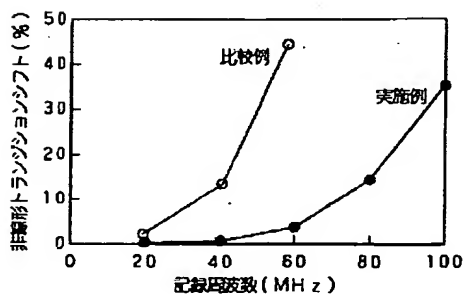


図36におけるB23-B24線断面図

【図39】



【図40】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**